

Marcus Oliver Klein

Implantate am Übergang von fit zu gebrechlich

Die moderne Zahnheilkunde unterliegt einem rasanten Wandel. Als große Herausforderung aber auch Chance gilt hierbei, dass fortlaufende moderne wissenschaftliche Erkenntnisse und technische Neuerungen auf ein immer älteres Patientenkollektiv stoßen. Als Meilenstein bei der kaufunktionellen Rehabilitation gerade der zahnlosen Patientin gilt die Etablierung des implantatgetragenen bzw. implantatgestützten Zahnersatzes, welcher aber noch lange nicht die Lösung aller (individueller) Probleme und Restriktionen bedeutet.

Diese Übersichtsarbeit beschäftigt sich mit Limitierungen, aber auch mit Lösungsansätzen und modernen Strategien für eine Implantatversorgung bis ins hohe Alter. Ein Schwerpunkt wurde hierbei auf die Versorgung komplett zahnloser Patienten gelegt.



Abb. 1
Implantatversorgung bis ins hohe Alter.
(Abbildung:
© proDente e.V.)

Demografischer Wandel des Patientenkollektivs

Bereits heute gilt Deutschland als das „Altersheim Europas“, in welchem der geringste Anteil an Jugendlichen auf den höchsten Anteil an Rentnern trifft.

Während heute (2015) ca. 17 Millionen Einwohner oder ca. jeder fünfte Deutsche mindestens 65 Jahre alt sind, werden es 2030 bereits über 22 Millionen oder knapp 29 % sein. Bis 2050 wird die absolute Anzahl der über 65-Jährigen nur leicht zunehmen, anteilmäßig wird dann aber bereits jeder dritte Bundesbürger (bzw. jeder dritte potenzielle Implantatpatient) über 65 Jahre alt sein (Quelle: Stat. Bundesamt). Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die gesteigerte Lebenserwartung. So haben heutzutage 60-Jährige noch eine durchschnittliche weitere Lebens-

erwartung von ca. 21 Jahren bei den Männern und knapp 25 Jahre bei den Frauen (Quellen: Statistisches Bundesamt), so dass mit vielen Patienten ganz offen die Vor- und Nachteile einer auf Jahrzehnte angelegten prothetischen Versorgung erörtert werden müssen.

In der Altersgruppe zwischen 65 und 74 Jahren sind über 20 % der Senioren komplett zahnlos³², bei den über 74-jährigen dürfte der Anteil erwartungsgemäß noch höher liegen.

Regelmäßig finden sich simultan und ganz konkret dem Zahnverlust ätiologisch zuzuordnen ausgeprägte Atrophiezustände der knöchernen Kiefer³⁴ sowie ein charakteristischer Rückgang der fixierten Gingiva, was eine konventionelle prothetische Versorgung mit herausnehmbaren Zahnersatz sehr schwierig gestaltet, aber auch eine „traditionelle“ implantologi-

sche Versorgung (mit Hilfe „normal“ dimensionierter Zahnimplantate) ohne (umfangreiche) augmentative Maßnahmen unmöglich macht.

Implantatversorgungen als Chance für ältere Patienten

Fakt ist, dass gerade das oben beschriebene, ältere und zahnlose Patientenkollektiv von einem implantatgestützten Zahnersatz teilweise erheblich profitiert. Hierbei stehen vor allem „einfache“ und kostengünstige Lösungen mit zwei bzw. vier Implantaten zur Verankerung einer herausnehmbaren Prothese im Fokus (siehe unten).

Neben einer verbesserten Sprech-, Abbeiß- und Kaufunktion berichten zahlreiche Studien vor allem auch von einer deutlichen Steigerung der Lebensqualität (Quality of Life) durch implantatgestützten verglichen mit „konventionellem“ Zahnersatz.^{1,6,15,33} So profitieren Patienten mit implantatgestütztem Zahnersatz auch konkret bei (intensiven) zwischenmenschlichen Beziehungen.²⁴

Dennoch findet ein überwiegender Großteil der prothetischen Versorgung zahnloser Patienten immer noch „konventionell“ durch rein tegumentale gestützte Prothesen statt, das Gleiche gilt für Patienten mit erhaltener Restbezahnung. Worin liegen die Gründe hierfür?

Individuelle Ängste und medizinische Risikoprofile der Patienten als Herausforderung für das Behandlersteam

Sieht man von spezifischen Restriktionen (hochdosierte Strahlentherapie im Kopf-Hals-Bereich, intravenöse Bisphosphonat-Therapie, Immunsuppression etc.) ab, sind Techniken der lokalen Weichgewebs- und Knochen-

vermehrung bzw. -augmentation sowie (umfangreiche) implantologische Maßnahmen von biologischer und physiologischer Seite her bis ins hohe Alter realisierbar, d. h. physiologisches Altern per se ist keine Kontraindikation für eine Implantatversorgung. Hierbei lassen sich bei gesunden älteren Menschen weder signifikante negative Unterschiede bei der Osseointegration noch ein erhöhter periimplantärer Knochenverlust beobachten.^{10,19}

Bedingt durch die oft (jahrzehntelange) knöchernen und weichgeweblichen Atrophie, bedeuten augmentative Maßnahmen mit dem Ziel einer restitutio ad integrum (komplette bzw. weitestgehende Wiederherstellung der Kieferdimensionen und Kieferrelationen) regelmäßig einen erheblichen operativen und apparativen Mehraufwand, oft verbunden mit einem vom Patienten nicht realisierbaren Kostenfaktor.⁷ Erschwerend wurden zudem Korrelationen zwischen schlechter Mundhygiene, Umfang der Zahnlosigkeit und niedrigem sozio-ökonomischen Status der Patienten nachgewiesen.⁹

Häufig existieren zudem konkrete Restriktionen gegen umfangreiche und zeitintensive chirurgische Interventionen. Hierbei nennen die Patienten vor allem die Angst vor Komplikationen und perioperativen Schmerzen als Hinderungsgrund; des Weiteren ist ein nicht unbeträchtlicher Anteil der Meinung, dass eine derartige Versorgung „nicht altersgemäß“ sei. Entsprechende negative Erfahrungen aus dem sozialen Umfeld wirken hierbei noch negativ verstärkend.^{13,44}

Neben diesen subjektiven Limitierungen gibt es weitere Risikofaktoren für umfangreiche chirurgische Eingriffe bei den genannten Patienten. Epidemiologische Untersuchungen zeigen eine höhere Ko-Morbiditätsrate mit multiplen betroffenen Organsystemen (Mangelernährung, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Asthma, Arthritis, Malig-

nome) bei zahnlosen Patienten, verglichen mit einem (zumindest teilweise) bezahnten Kollektiv auf.¹⁸

Zudem kumulieren im Alter zahlreiche Erkrankungen und weitere Beeinträchtigungen, welche isoliert mit einem erhöhten Risiko des Implantat- bzw. Augmentationsverlustes einhergehen. Eine retrospektive Kohortenstudie der Arbeitsgruppe um Moy zeigte für das Kollektiv der 60–79-Jährigen ein um den Faktor 2,24 erhöhtes Risiko des Implantatverlustes, verglichen mit dem Kollektiv der unter 40-Jährigen. Als konkrete Risikofaktoren wurden Rauchen (Faktor: 1,56), Diabetes mellitus (Faktor: 2,75) und postmenopausale Östrogentherapie (Faktor: 2,55) identifiziert.³¹

Es ist bekannt, dass umfangreiche operative (augmentative) Maßnahmen nicht mit einer Fortführung einer hochdosierten Antikoagulation vereinbar sind, das (minimal-invasive) Setzen einzelner Implantate jedoch unter Fortführung der Antikoagulation statthaft ist.²⁶

Nicht zuletzt bergen augmentative Maßnahmen auch bei gesunden Patienten, neben allgemeinen Risiken wie Dehiszenzen, Wundinfektionen und Augmentatverlust, spezifische Risiken wie die Verletzung sensibler anatomischer Nachbarstrukturen (Nervläsionen, Entnahmemorbidität). Zudem triggert die teilweise erforderliche weitflächige Ablösung des Periostes eine weitere Knochenresorption.

Als Schlussfolgerung müssen bei der Planung der implantatprothetischen Rehabilitation älterer Patienten zahlreiche individuelle Aspekte berücksichtigt werden. Eine intensive und ehrliche Aufklärung über die Vor- und Nachteile einer implantatgestützten Versorgung sowie über die Alternativen wird jedoch in vielen Fällen hilfreich sein, bestehende Restriktionen (auch finanzieller Art) abzubauen.¹⁶ Dies kann ggf. aber dazu führen, dass zwei Patienten mit nahezu identischen

anatomischen Ausgangssituationen unterschiedlich versorgt werden können bzw. müssen.

Weniger ist oft mehr – angepasste implantologische Konzepte

Im Folgenden soll vor allem auf die implantatgestützte Rehabilitation komplett zahnloser Kiefer eingegangen werden. Prinzipiell steht die Möglichkeit einer festen Versorgung der einer herausnehmbaren Versorgung gegenüber. Es liegt auf der Hand, dass die Etablierung einer festsitzenden Versorgung in der Regel aufwendiger und teurer ist, nicht zuletzt, weil diese einer definierten Mindestanzahl an Implantaten bedarf. Während hierfür im zahnlosen Unterkiefer mindestens vier Implantate gefordert werden, sind für den Oberkiefer wenigstens fünf bis sechs Implantate erforderlich. Aufgrund fehlender Langzeitdaten kann zur Zeit für den zahnlosen Oberkiefer noch keine Empfehlung für eine festsitzende Versorgung auf vier Implantaten ausgesprochen werden.¹¹

Die konventionelle Versorgung des zahnlosen, atrophen Unterkiefers mit einer herausnehmbaren, rein tegumental getragenen Prothese ist oft nicht realisierbar (relative Erhöhung des Mundbodens, störende inserierende Bänder etc.). Hier können schon zwei interforaminale Implantate über unterschiedliche Ankopplungen (Steg-, Kugelkopf-, Magnet- oder Locator[®]-Verankerung) den Prothesenhalt und somit auch die Lebensqualität signifikant verbessern.^{30,42} Darüber hinaus existieren Publikationen, welche den Benefit eines einzigen, zentral positionierten Implantats im Unterkiefer demonstrieren.^{43,46} Diese Lösungen sind in der täglichen Praxis jedoch oft „aus der Not heraus geboren“; multizentrische Langzeitergebnisse stehen noch aus. Des Weiteren

existieren heterogene Meinungen bzgl. der Anzahl der einzusetzenden sogenannten „Mini-Implantate“ (siehe unten).

Für eine herausnehmbare Versorgung des zahnlosen Oberkiefers sollen weniger als vier Implantate nicht geplant werden (starke Negativempfehlung der DGZMK-Leitlinie¹¹). Eine prospektive, klinische Studie über die Versorgung des zahnlosen Oberkiefers mit zwei Eckzahnimplantaten ergab eine nicht tolerierbare Verlustrate.³⁷

Interessante Erkenntnisse liefern Untersuchungen zur implantatgestützten Versorgung des zahnlosen Oberkiefers der Arbeitsgruppe um Heydecke: Im direkten Vergleich (herausnehmbarer vs. fixierter Zahnersatz) schnitt die implantatgetragene herausnehmbare Versorgung in den Kategorien Zufriedenheit, Sprechvermögen und Reinigungsfähigkeit besser ab; vor die Wahl gestellt, entschieden sich die meisten Patienten für den herausnehmbaren Zahnersatz.^{22,23}

„Avoid Augmentation“: Einsatz moderner dimensionsreduzierter Implantate

Wie bereits ausgeführt, ist bei einem durch die Kieferatrophie bedingten unzureichend dimensionierten knöchernen Lager die Insertion „konventioneller“ dentaler Implantate (Mindestlänge 8–10 mm, Durchmesser mindestens 3,5 mm) ohne peri-operative augmentative Maßnahmen häufig nicht möglich.

Der Einsatz dimensionsreduzierter Implantate dient der Erweiterung des Behandlungsspektrums und kann im Idealfall den Umfang vorbereitender oder simultaner Augmentationen (horizontale Anlagerung, Knochenblock, bone splitting, Interpositionsosteoplastik, Sinuslift etc.) samt erforderlicher Lappenpräparation und Weichge-

webschirurgie verringern bzw. gänzlich vermeiden.²⁹

Konkret liegt für das beschriebene Patientenkollektiv die Indikation für durchmesserreduzierte Implantate ($\leq 3,5$ mm) bei schmalen („messerscharfen“) Kieferkämmen, die Indikation für kurze Implantate ($\leq 6,0$ mm) bei vertikalen Defiziten v. a. im Seitenzahngebiet.

Bei den sog. „durchmesserreduzierten Implantaten“ ist es wichtig zu unterscheiden zwischen

- „Mini-Implantaten“ (i. d. R. $\leq 2,5$ mm): einteilig, transgingivaler Modus, präformierte Suprastrukturen, i. d. R. Titan-Aluminium-Vanadium (TiAlV)-Legierung und
- konventionellen ein- oder zweiteiligen Implantatsystemen (i. d. R. $\geq 3,0$ mm): Titan Grad 4 oder moderne Titan-Zirkonium-Legierung (siehe unten).

Die prothetischen Möglichkeiten bei letzterer Kategorie sind vielfältiger und gerade für ältere Patienten mit geringen Kaubelastungen eine Alternative (Prothesenhalt im zahnlosen Kiefer eignen sich für den Einsatz schmaler Implantate). Prinzipiell besteht bei durchmesserreduzierten Implantaten ein erhöhtes biomechanisches Risikoprofil mit Belastungsspitzen am Knochen-Implantat-Interface (marginale Knocheneinbrüche) sowie der Gefahr von Material(ermüdungs)brüchen gerade beim Einsatz von Implantaten aus nicht legiertem Titan.² Zahlreiche In-vitro-Untersuchungen belegen, dass sich die Stresswerte im crestalen kortikalen Knochen reziprok zum Implantatdurchmesser verhalten, d. h. schmale Bauformen (insbesondere sog. „Mini-Implantate“ $< 2,5$ mm) weisen ungünstigere Belastungsspitzen als „konventionell“ dimensionierte Implantate auf.^{4,12,21} Dieses Phänomen scheint insbesondere für den zahnlosen Oberkiefer von Bedeutung zu sein (siehe unten).

Die Versorgung des zahnlosen atrophischen Unterkiefers mit zwei bis vier interforaminalen Implantaten zur Verbesserung des Prothesenhaltes ist eine seit Jahrzehnten etablierte Therapieoption, auch für durchmesserreduzierte Implantate. Hier performen (vier) „Mini-Implantate“ und „konventionelle“ Implantatsysteme in der Regel gleich gut (Implantatüberleben > 95 %), wobei der marginale Knocheneinbruch bei „Mini-Implantaten“ regelmäßig höher ausfällt (> 1,0 mm vs. ca. 0,4 mm).^{1,20,38,40,47} Eine Untersuchung von Jofré et al. (zwei Mini-Implantate UK: Kugelkopf vs. Stegversorgung) zeigte zudem, dass der Knocheneinbruch durch eine Verblockung reduziert werden kann.²⁵ Die ITI-Konsensuskonferenz 2013 empfahl für die Indikation des herausnehmbaren Zahnersatzes im Unterkiefer den Einsatz von mindestens vier „Mini-Implantaten“, während hingegen der Einsatz von nur zwei „konventionellen“ durchmesserreduzierten Implantaten statthaft ist.⁵

Der Einsatz von „Mini-Implantaten“ zur kaufunktionellen Rehabilitation des zahnlosen Oberkiefers wird nicht empfohlen, während vier „konventionelle“ durchmesserreduzierte Implantate $\geq 3,0$ mm statthaft sind.^{5,11} Dies deckt sich mit aktuellen Studien von Elsyad et al. und Cordaro et al.^{8,14} Konkret wies die Arbeitsgruppe um Elsyad nach der Insertion von sechs „Mini-Implantaten“ in den zahnlosen Oberkiefer nach einer Beobachtungszeit von zwei Jahren einen mittleren vertikalen Knocheneinbruch von über 5 mm nach; bei einer herausnehmbaren Versorgung mit nur teilweiser Gaumenbedeckung ging zudem annähernd jedes zweite Implantat verloren.¹⁴ Ein Erklärungsansatz ist ein ungünstiges biomechanisches Risikoprofil mit zu starker Belastung am crestalen Knochen-Implantat-Interface (geringe mechanische Knochenqualität des Oberkiefers).

Der Einsatz „moderat“ kurzer Im-

plantate (8 mm) bei Atrophie des Alveolarfortsatzes kann bei Einhaltung der Indikationsstellung und der notwendigen chirurgischen Kautelen als wissenschaftlich abgesichert gelten^{3,35} mit einer hohen Patientenakzeptanz.⁴¹

Spannend ist die Verwendung extrem kurzer Implantate (≤ 5 mm). Esposito et al. verglichen in einem Split-mouth-Design direkt die Performance von 5 mm-Implantaten ohne Augmentation mit der von ≥ 10 mm-Implantaten inklusive notwendiger augmentativer Maßnahmen (Oberkiefer: externer Sinuslift; Unterkiefer: Interpositionsosteoplastik) zur Verankerung eines festsitzenden Zahnersatzes. Nach der kurzen Beobachtungsdauer von einem Jahr fanden sich keine Unterschiede hinsichtlich Implantatüberleben und Komplikationsraten.¹⁷ Jedoch muss gerade bei festsitzenden Versorgung auf derart kurzen Implantaten mit einer geringen funktionellen Implantatlänge und einer ungünstigen Implantat-Kronen-Relation die Indikationsstellung sehr vorsichtig erfolgen, eine Verblockung der Implantatkronen (ggf. auch mit einem längeren Implantat) erscheint obligat. Für (festsitzende) Brückenversorgungen auf 4 mm-Implantaten existieren jedoch bereits vielversprechende 5-Jahres-Daten.³⁹

Zur (distalen) Unterstützung eines herausnehmbaren Zahnersatzes werden extrem kurze Implantate für das atrophe Unterkieferseitenzahngebiet insbesondere in Kombination mit längeren interforaminalen Implantaten empfohlen, die Praktikabilität für das Oberkieferseitenzahngebiet ist Gegenstand laufender Untersuchungen.

Zusammenfassend bieten sowohl durchmesserreduzierte als auch kurze Implantate aufgrund der verringerten Invasivität eine interessante Erweiterung des Therapiespektrums, gerade für das beschriebene ältere (allgemeinmedizinisch und sozio-ökonomisch kompromittierte) Patientenkollektiv.

Resümé und Ausblick

Dieser Artikel betrachtet nur einen ganz kleinen chirurgischen Aspekt der immer bedeutsamer werdenden Disziplin der Gerodontologie. Strategisch eingesetzte dentale Implantate können evident den Lebenskomfort des immer größer werdenden Patientenkollektives steigern. Einen ebenfalls enormen Stellenwert haben die folgende individuell abgestimmte prothetische Versorgung sowie engmaschige Recall-Maßnahmen etc.

Neben generellen Strategien des Zahnerhaltes nehmen zudem Techniken des Alveolenerhaltes nach Zahnextraktion (Socket- bzw. Ridge-Preservation) mit der konsekutiven Vermeidung bzw. Verringerung des Augmentationsbedarfes eine wichtige präventive Stellung ein.^{28,45}

Bei einem geringen Knochenangebot helfen moderne bildgebende Verfahren, wie die digitale Volumentomographie, sowie minimal-invasive Verfahren, wie die Piezochirurgie, gerade auch für Risikopatienten (Antikoagulation etc.) ein optimales Therapieangebot zu entwickeln.

Nicht zuletzt weisen moderne Titan-Zirkonium-Legierungen bei gleicher Biokompatibilität eine höhere Zugfestigkeit (geringere Materialermüdung) auf, was zu einer Ausweitung der Indikationen für durchmesserreduzierte Implantate führen wird.^{27,36}

Generell sollte eine individuelle Aufklärung und Kosten-Nutzen-Risiko-Analyse erfolgen. Der Patient muss hierbei offen (ggf. auch wiederholt) über alle Therapiealternativen („konventionell“ dimensionierte Implantate mit Augmentation, rein tegumental getragener Zahnersatz, *Therapia nulla*) aufgeklärt werden.

Die sorgfältige Anwendung der o. g. modernen Strategien, Materialien und Techniken (ggf. in Kombination) dient dazu, den Behandlungsablauf zu vereinfachen und wird die Akzeptanz von Implantatbehandlungen bis ins hohe Alter hinein weiter steigern.

Literatur

1. Al-Nawas B, Brägger U, Meijer HJ, Naert I, Persson R, Perucchi A, Quirynen M, Raghoobar GM, Reichert TE, Romeo E, Santing HJ, Schimmel M, Storelli S, ten Bruggenkate C, Vandekerckhove B, Wagner W, Wismeijer D, Müller F. A double-blind randomized controlled trial (RCT) of Titanium-13Zirconium versus Titanium Grade IV small-diameter bone level implants in edentulous mandibles--results from a 1-year observation period. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14(6): 896-904.
2. Allum SR, Tomlinson RA, Joshi R. The impact of loads on standard diameter, small diameter and mini implants: a comparative laboratory study. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:553-559.
3. Annibaldi S, Cristalli MP, Dell'Aquila D, Bignozzi I, La Monaca G, Pilloni A. Short dental implants: a systematic review. *J Dent Res* 2012;91(1):25-32.
4. Baggi L, Cappelloni I, Di Girolamo M, Maceri F, Vairo G. The influence of implant diameter and length on stress distribution of osseointegrated implants related to crestal bone geometry: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent* 2008;100(6):422-431.
5. Bornstein MM, Al-Nawas B, Kuchler U, Tahmaseb A. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding contemporary surgical and radiographic techniques in implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29(Suppl):78-82.
6. Carlsson GE. Implant and root supported overdentures - a literature review and some data on bone loss in edentulous jaws. *J Adv Prosthodont* 2014;6(4):245-252.
7. Carlsson GE, Omar R. The future of complete dentures in oral rehabilitation. A critical review. *J Oral Rehabil* 2010;37:143-156.
8. Cordaro L, Torsello F, Mirisola di Torresanto V, Baricevic M. Rehabilitation of an edentulous atrophic maxilla with four unsplinted narrow diameter titanium-zirconium implants supporting an overdenture. *Quintessence Int* 2013;44(1):37-43.
9. Cunha-Cruz J, Huijoe PP, Nadanovsky P. Secular trends in socio-economic disparities in edentulism: USA, 1972-2001. *J Dent Res* 2007;86(2):131-136.
10. De Baat C. Success of dental implants in elderly people--a literature review. *Gerodontology* 2000;17(1):45-48.
11. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. S3-Leitlinie: Implantatprothetische Versorgung des zahnlosen Oberkiefers. 2013.
12. Ding X, Zhu XH, Liao SH, Zhang XH, Chen H. Implant-bone interface stress distribution in immediately loaded implants of different diameters: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthodont* 2009;18(5): 393-402.
13. Ellis JS, Levine A, Bedos C, Mojon P, Rosberger Z, Feine J, Thomason JM. Refusal of implant supported mandibular overdentures by elderly patients. *Gerodontology* 2011;28:62-68.
14. Elsyad MA, Ghoneem NE, El-Sharkawy H. Marginal bone loss around unsplinted mini-implants supporting maxillary overdentures: a preliminary comparative study between partial and full palatal coverage. *Quintessence Int* 2013;44(1):45-52.
15. Emami E, Heydecke G, Rompré PH, De Grandmont P, Feine JS. Impact of implant support for mandibular dentures on satisfaction, oral and general health-related quality of life: a meta-analysis of randomized-controlled trials. *Clinical Oral Implants Research* 2009;20:533-544.
16. Esfandiari S, Lund JP, Penrod JR, Savard A, Thomason JM, Feine JS. Implant overdentures for edentulous elders: study of patient preference. *Gerodontology* 2009;26(1):3-10.
17. Esposito M, Pellegrino G, Pistilli R, Felice P. Rehabilitation of posterior atrophic edentulous jaws: prostheses supported by 5 mm short implants or by longer implants in augmented bone? One-year results from a pilot randomised clinical trial. *Eur J Oral Implantol* 2011;4(1):21-30.
18. Felton DA. Edentulism and comorbid factors. *J Prosthodont* 2009;18(2):88-96.
19. Grant BT, Kraut RA. Dental implants in geriatric patients: a retrospective study of 47 cases. *Implant Dentistry* 2007;16(4):362-368.
20. Griffiths TM, Collins CP, Collins PC. Mini dental implants: an adjunct for retention, stability, and comfort for the edentulous patient. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100(5):e81-84.
21. Hasan I, Heinemann F, Aitlhrach M, Bourauel C. Biomechanical finite element analysis of small diameter and short dental implant. *Biomed Tech (Berl)* 2010;55:341-350.
22. Heydecke G, Boudrias P, Awad MA, De Albuquerque RF, Lund JP, Feine JS. Within-subject comparisons of maxillary fixed and removable implant prostheses: Patient satisfaction and choice of prosthesis. *Clin Oral Implants Res* 2003;14(1):125-130.
23. Heydecke G, McFarland DH, Feine JS, Lund JP. Speech with maxillary implant prostheses: ratings of articulation. *J Dent Res* 2004;83(3):236-240.
24. Heydecke G, Thomason JM, Lund JP, Feine JS. The impact of conventional and implant supported prostheses on social and sexual activities in edentulous adults Results from a randomized trial 2 months after treatment. *J Dent* 2005;33(8):649-657.
25. Jofre J, Cendoya P, Munoz P. Effect of splinting mini-implants on marginal bone loss: a biomechanical model and clinical randomized study with mandibular overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25(6): 1137-1144.
26. Kämmerer PW, Frerich B, Liese J, Schiegnitz E, Al-Nawas B. Oral surgery during therapy with anticoagulants-a systematic review. *Clin Oral Invest* 2015;19(2):171-180.
27. Klein MO. Durchmesserreduzierte Implantate: Erweiterung des Therapiespektrums. *Der Freie Zahnarzt* 2012;56(5): Beilage.
28. Klein MO. Alveolenerhalt nach Zahnentfernung. *Quintessenz* 2014;65(6):693-701.
29. Klein MO, Schiegnitz E, Al-Nawas B. Systematic review on success of narrow-diameter dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29(Suppl):43-54.
30. Kleis WK, Kämmerer PW, Hartmann S, Al-Nawas B, Wagner W. A comparison of three different attachment systems for mandibular two-implant overdentures: one-year report. *Clin Implant Dent Relat Res* 2010;12(3):209-218.
31. Moy PK, Medina D, Shetty V, Aghaloo TL. Dental implant failure rates and associated risk factors. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20(4):569-577.
32. Müller F, Naharro M, Carlsson GE. What are the prevalence and incidence of tooth loss in the adult and elderly population in Europe? *Clin Oral Impl Res* 2007;18(Suppl 3):2-14.
33. Pan YH, Lin TM, Liang CH. Comparison of patient's satisfaction with implant-supported mandibular overdentures and complete dentures. *Biomed J* 2014;37(3):156-162.
34. Pietrovskii J, Starinsky R, Arensburg B, Kaffe I. Morphologic characteristics of bony edentulous jaws. *J Prosthodont* 2007;16(2):141-147.
35. Pommer B, Frantal S, Willer J, Posch M, Watzek G, Tepper G. Impact of dental implant length on early failure rates: a meta-analysis of observational studies. *J Clin Periodontol* 2011;38(9):856-863.
36. Quirynen M, Al-Nawas B, Meijer HJA, Razavi A, Reichert TE, Schimmel M, Storelli S, Romeo E, Roxolid Study Group. Small-diameter titanium Grade IV and titanium-zirconium implants in edentulous mandibles: three-year results from a double-blind, randomized controlled trial. *Clin Oral Impl Res* 2014. doi: 10.1111/clr.12367. [Epub ahead of print].
37. Richter EJ, Knapp W. Auf zwei Eckzahnimplantaten abgestützte Oberkiefer-Coverdentureprothesen - Ergebnisse einer klinischen Studie. *Implantologie* 2010;18:165-174.
38. Shatkin TE, Shatkin S, Oppenheimer BD, Oppenheimer AJ. Mini dental implants for long-term fixed and removable prosthetics: a retrospective analysis of 2514 implants placed over a five-year period. *Compend Contin Educ Dent* 2007;28:92-99.
39. Slotte C. Four-mm implants supporting fixed partial dentures in the posterior mandible. 5-year results from a multicenter study. 20th Annual Scientific Meeting of the European Association of Osseointegration, Copenhagen, Denmark, 2012.

40. Spiekermann H, Jansen VK, Richter EJ. A 10-year follow-up study of IMZ and TPS implants in the edentulous mandible using bar-retained overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:231-243.
41. Stellingsma K, Bouma J, Stegenga B, Meijer HJ, Raghoebar GM. Satisfaction and psychosocial aspects of patients with an extremely resorbed mandible treated with implant-retained overdentures. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:166-172.
42. Thomason JM, Feine J, Exley C, Moynihan P, Müller F, Naert I, Ellis JS, Barclay C, Butterworth C, Scott B, Lynch C, Stewardson D, Smith P, Welfare R, Hyde P, McAndrew R, Fenlon M, Barclay S, Barker D. Mandibular two implant-supported overdentures as the first choice standard of care for edentulous patients - the York Consensus Statement. *Br Dent J* 2009;207:185-186.
43. Walton JN, Glick N, Macentee MI. A randomized clinical trial comparing patient satisfaction and prosthetic outcomes with mandibular overdentures retained by one or two implants. *Int J Prosthodont* 2009;22(4):331-339.
44. Walton JN, Macentee MI. Choosing or refusing oral implants: a prospective study of edentulous volunteers for a clinical trial. *Int J Prosthodont* 2005;18:483-488.
45. Weng D, Stock V, Schliephake H. Welche Maßnahmen sind sinnvoll zum Strukturerehalt des Alveolarfortsatzes nach Zahnextraktion? *Eur J Oral Implantol* 2011;4:123-130.
46. Wolfart S, Braasch K, Brunzel S, Kern M. The central single implant in the edentulous mandible: improvement of function and quality of life. A report of 2 cases. *Quintessence Int* 2008;39(7):541-548.
47. Zinsli B, Sägesser T, Mericske E, Mericske-Stern R. Clinical evaluation of small-diameter ITI implants: a prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19(1):92-99.

Autor

**Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent
Marcus Oliver Klein**
Kieferchirurgische Gemeinschaftspraxis Stroink
/ Schmitt / Clasen / Klein
Stresemannstrasse 7-9
40210 Düsseldorf
E-Mail: marcusoklein@me.com

